

## УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ МАГНИТОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

*Ю. Г. Пилипец*

Магнитографический метод контроля сварки, предложенный в 1953—1954 гг., начинает внедряться в практику сварочного производства. Однако ряд принципиальных вопросов, определяющих точность метода и область его применения, недостаточно освещены в литературе, что вызывает трудности и ошибки при практическом внедрении метода.

Кафедра технологии металлов ХАИ и лаборатория сварки и испытания металлов треста «Теплоэнергомонтаж» провели исследование, позволившее уточнить методику магнитографического контроля и определить возможности метода.

### 1. Методика эксперимента

Были исследованы образцы с искусственными дефектами, имитировавшими основные дефекты сварки, а также трубчатые и плоские сварные образцы, выполненные электродуговой ручной и газовой сваркой. Материал всех образцов — ст. 3.

Исследование проводилось на приборах МГД-3 и МГД-4, имеющих записывающее устройство «соленоид», поле которого направлено перпендикулярно к поверхности контролируемого изделия.

Технические данные устройства:  
напряжение батареи 300 в;  
емкость конденсатора 800 мкф;  
обмотка соленоида 30 витков,  $d_{\text{по}} = 1 \text{ мм}$ ;  
периметр обмотки 700 мм.

Помимо устройства «соленоид» для записи были применены электромагниты, дисковый и П-образный, поле которых направлено по контролируемому изделию поперек сварного шва.

Дисковый электромагнит был изготовлен по образцу магнита ДМ-58 конструкции ВНИИСТ (2):

число витков обмотки 385;  
диаметр провода 1,4 мм;  
сопротивление обмотки 1,4 ом;  
диаметр оси 40 мм;  
диаметр дисков 100 мм  
диаметр дисков 20 мм;  
материал оси и дисков ст. 3.

П-образный электромагнит состоит из двух полюсов и стержня, на котором размещена намагничивающая катушка.

Данные магнита:

число витков обмотки 400;

диаметр провода 1,4 мм;

сопротивление обмотки 1,6 ом;

поперечное сечение стержня  $40 \times 40$  мм<sup>2</sup>;

поперечное сечение полюсов  $32 \times 40$  мм<sup>2</sup>.

При контроле трубчатых образцов к полюсам привинчивались специальные наконечники. Питание электромагнитов осуществлялось от селенового выпрямителя ВСА-5. Для записи применялась стандартная ферромагнитная лента типа 1 шириной 35 мм и толщиной—70 мк. Лента при записи плотно прижималась к образцу с помощью эластичного резинового ремня.

Воспроизводящие устройства приборов были отрегулированы на совпадение частоты горизонтальной развертки с частотой колебаний воспроизводящей магнитной головки (7—10 гц), благодаря чему изображение магнитной записи на экранах осциллографов было неподвижным. Все магнитные записи воспроизводились при постоянном усилении по вертикали (в пределах 6—7 делений потенциометра). Осциллограммы фотографировались с помощью аппарата «Зенит-С» на пленку чувствительностью 350 ед по ГОСТу, время выдержки — 0,2—0,5 сек при диафрагме 3,5.

В качестве сравнительных методов были применены: металлографический анализ и рентгенпросвечивание. Порядок испытаний обеспечивал сравнение показаний всех методов строго в одном и том же месте образца.

## 2. Результаты исследования образцов с искусственными дефектами

Образцы имели размеры  $200 \times 400$  мм при толщине от 3 до 12 мм. Дефекты типа продольных трещин, несплавлений и непроваров имитировались прорезями различной формы, дефекты типа газовых пор — сверлениями различного диаметра.

При записи образцов с помощью устройства «соленоид» (перпендикулярное намагничивание) на экране осциллографа не возникало заметных отклонений по вертикали (импульсов) даже в тех случаях, когда глубина дефектов достигала 70% от толщины образцов. Двукратное увеличение количества витков соленоида не дало никаких результатов.

В то же время запись образцов в поперечном магнитном поле обоими электромагнитами обеспечила достаточно четкое выявление внутренних дефектов (рис. 1). Было установлено, что высота импульса, вызванного дефектом, меняется с увеличением силы тока в обмотке электромагнита по сложному закону (рис. 2).

Как видно из приведенных кривых, имеется оптимальное значение намагничивающего тока, при котором высота импульса максимальна. При дальнейшем увеличении тока высота импульса уменьшается. Все образцы контролировались при оптимальных значениях намагничивающего тока.

Исследования показали, что размер дефектов в поперечном направлении сравнительно мало сказывается на параметрах импульсов. Так, при переходе от «трещины» к «широкому непровару» лишь немного изменяется форма импульса и примерно на 20% возрастает его ширина, т. е. длительность (рис. 3а).

Основное влияние на параметры импульса оказывают: глубина дефектов и их протяженность вдоль магнитной ленты. Наблюдается закономерное снижение импульсов с уменьшением глубины дефектов,

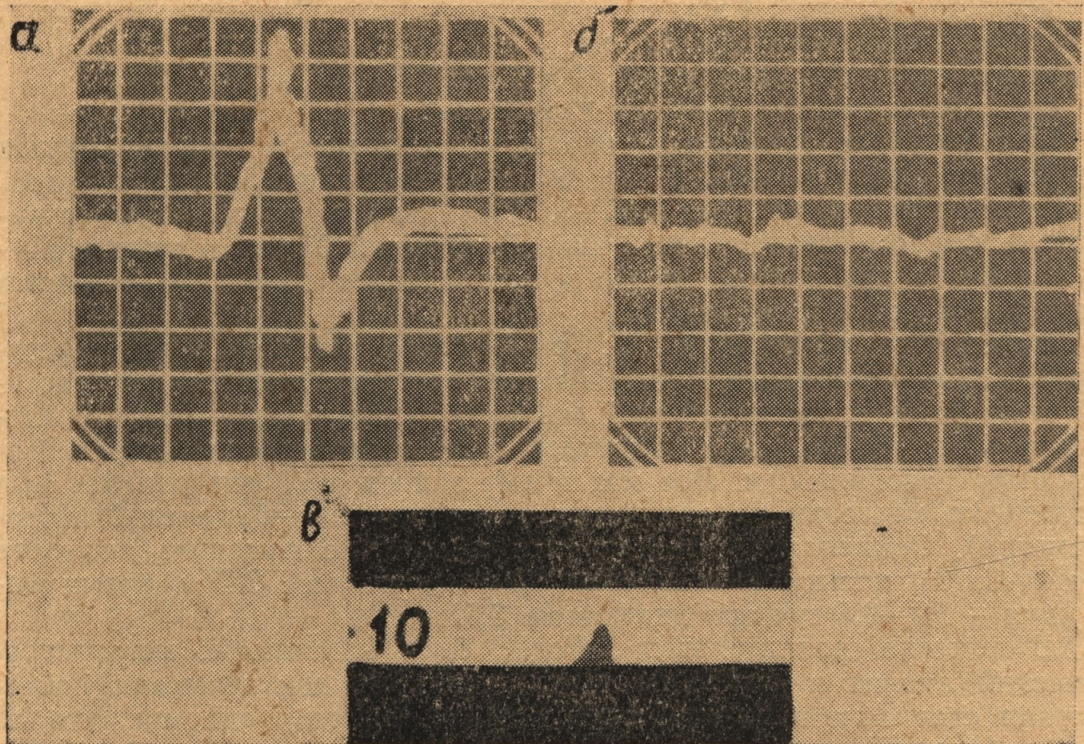


Рис. 1. Осциллограммы с образца толщиной 5 мм с искусственным дефектом «непровар 50%» при записи дисковым магнитом (а) и соленоидом (б); ток — 3,5 а, усиление — 7 делений, в — макрошлиф образца. Увеличение  $\times 2$ .

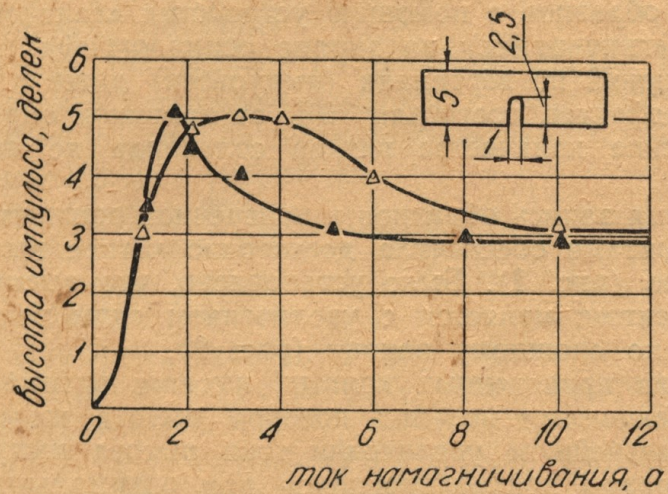


Рис. 2. Зависимость высоты импульса от тока в обмотках электромагнитов — П-образного и дискового ( $\Delta$ ) — при контроле образца толщиной 5 мм с искусственным дефектом «непровар 50%».

а также при переходе от дефектов протяженных (длиной 20 мм и более) к точечным (рис. 3,б). Импульсы от точечных дефектов имеют также меньшую ширину.

Высота импульсов от дефектов заметно уменьшается с ростом толщины образцов. Так, при переходе от толщины 5 мм к 10 мм высота импульса от дефекта «непровар 50%» уменьшается от 5 делений до 3,5 делений (1 деление=5 мм).

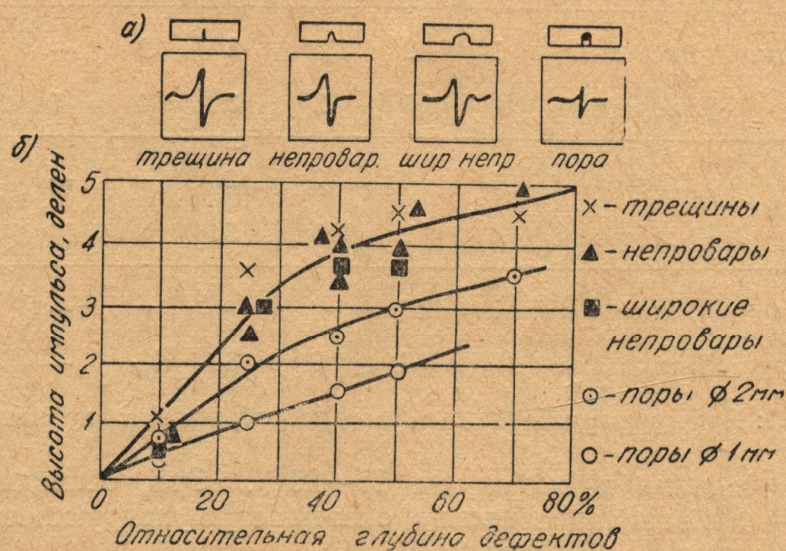


Рис. 3. Выявляемость дефектов в образцах толщиной 5 мм при поперечном намагничивании. а — зависимость импульса от типа дефекта; б — зависимость высоты импульса от глубины и протяженности дефектов.

Исследования показали, что при поперечном намагничивании дефекты могут надежно выявляться, если толщина образцов не превышает 12 мм.

### 3. Исследование сварных образцов

Трубчатые сварные образцы имели диаметр 60—200 мм, толщину 4—12 мм, длину 200 мм (шов располагался посередине образца). Поверхность сварных швов была зачищена заподлицо с основным металлом до полного удаления неровностей швов. Зачистка производилась наждачным кругом диаметром 100 мм средней зернистости так, чтобы риски были направлены поперек сварного шва.

Исследования показали, что при поперечном намагничивании основные дефекты сварки выполняются достаточно четко.

Характерно, что трубчатые образцы промагничиваются значительно труднее, чем плоские. Образцы диаметром 60—100 мм полностью промагничивались П-образным магнитом при толщине стенки до 7 мм, а дисковым — лишь до 4 мм. Таким образом, ток намагничивания при контроле трубчатых образцов следует увеличивать по сравнению с плоскими образцами (табл. 1).

При условии правильного выбора тока намагничивания в трубчатых образцах хорошо выявлялись такие дефекты электродуговой и газовой сварки, как продольные трещины и непровары глубиной не менее 10—15% от толщины стенки, а также газовые поры и раковины величиной не менее 1,5—2 мм.

Подкладные кольца в образцах не препятствуют выявлению внутренних дефектов. Однако в этом случае требуется увеличение

Таблица 1

## Ток намагничивания (а) при контроле плоских трубчатых образцов

Толщина стенки, мм		3	4	5	6	7	8	10	12
		Типы образцов и магнитов							
Плоские образцы, трубчатые при $D \geq 300$ мм	Дисковый	1	2	3,5	8	12	—	—	—
	П-образный	1	1,5	2	3	4	5	6	8
Трубчатые при $D = 100-200$ мм	Дисковый	2	4	7	12	—	—	—	—
	П-образный	1,5	2	3,5	5	7	10	—	—
Трубчатые при $D = 60-100$ мм	Дисковый	8	12	—	—	—	—	—	—
	П-образный	2,5	4	6	8	12	—	—	—

Примечание: Прочерки в таблице означают, что образцы не промагничиваются.

тока намагничивания примерно на 15—20%. Это, очевидно, объясняется тем, что подкладное кольцо оказывает шунтирующее действие на магнитный поток в образце.

Плоские сварные образцы были изготовлены в виде пластин  $5 \times 200 \times 400$  мм со швом вдоль длинной стороны. Они записывались дважды: в исходном состоянии и после снятия неровностей шва на наждачном круге.

Воспроизведение магнитных записей показало:

1) На осциллограммах незачищенных образцов имеются многочисленные импульсы, обусловленные неровностями поверхности. Высота этих ложных импульсов иногда достигает таких же значений, как при наличии непроваров глубиной 30—40%.

2) По форме ложные импульсы почти такие же, как от внутренних дефектов.

3) Импульсы, обусловленные собственно внутренними дефектами сварного шва, значительно уменьшаются по высоте и искажаются по форме.

Рис. 4 иллюстрирует искажение осциллограммы участка шва с трещиной за счет неровностей поверхности сварного шва, выполненного электродуговой сваркой. При газовой сварке, благодаря более плавному переходу от наплавленного металла к основному, уровень помех несколько уменьшается, но расшифровка осциллограмм остается сложной.

Некоторыми отличительными признаками ложных импульсов являются: 1) сосредоточение их на краях экрана, соответствующих границам валика наплавленного металла; 2) малая протяженность по длине шва (импульсы быстро меняются при протяжке магнитной ленты).

К сожалению, указанные признаки не являются достаточно полными и надежными для расшифровки магнитных записей. Была сделана попытка отфильтровывать ложные импульсы путем наложения магнитной ленты обратной стороной при записи-воспроизведении, а также создания при записи зазора между лентой и поверхностью шва в пределах 0,1—1,0 мм (за счет эластичных прокладок). Однако эти приемы не дали заметных результатов.

Несколько плоских сварных стыков, имевших непровары до 50%, были записаны также устройством «соленоид» (перпендикулярное намагничивание).

При этом обнаружилось:

1) До зачистки наблюдаются высокие импульсы разнообразной конфигурации, высотой до 3—4 делений шкалы экрана.

2) После зачистки отсутствуют заметные отклонения луча от нулевой линии.

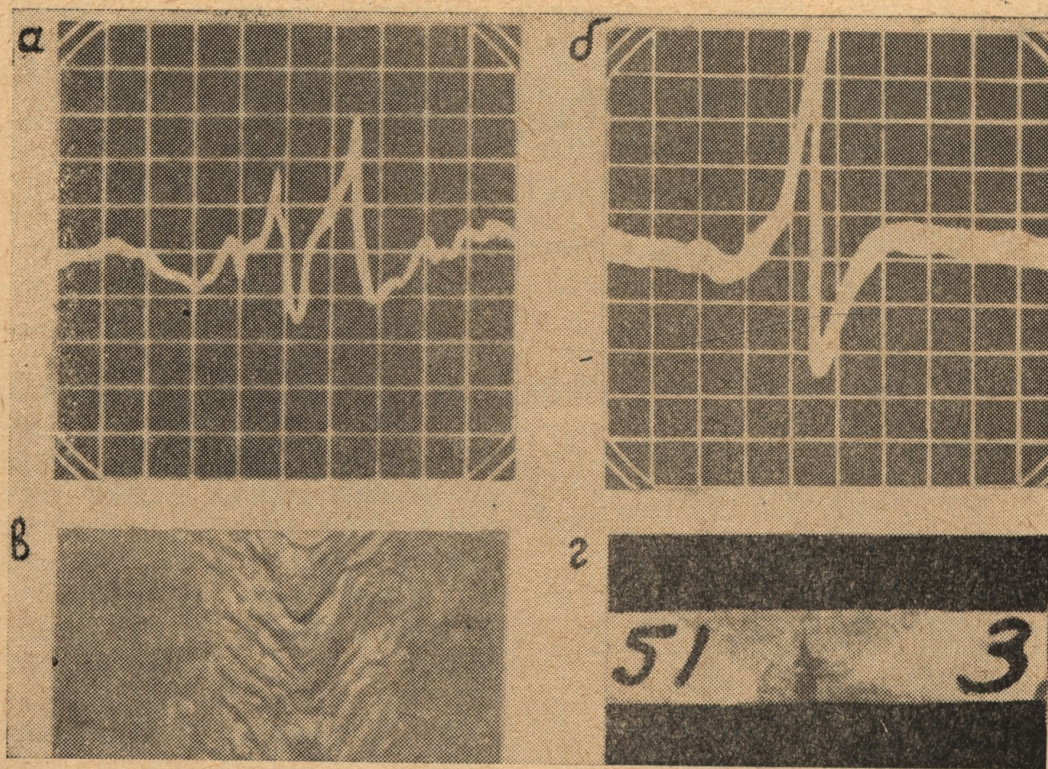


Рис. 4. Осциллограммы с плоского образца электродуговой ручной сварки, толщиной 5 мм (запись — дисковым магнитом; ток — 3,5 а, усиление — 7 делений): а — без зачистки; б — после зачистки; в — наружный вид шва; г — макрошлиф сечения шва. Увеличение  $\times 2$ .

Таким образом, перпендикулярное намагничивание совершенно не выявляет внутренних дефектов, а лишь фиксирует на магнитной ленте неровности поверхности шва.

## ВЫВОДЫ

1. Перпендикулярное намагничивание, как метод получения записи при магнитографическом контроле сварных соединений, совершенно непригодно.

2. Поперечное намагничивание в поле электромагнита позволяет выявлять основные дефекты сварных соединений, как-то: продольные трещины, несплавления, непровары, газовые раковины и поры.

3. Величину намагничивающего тока в обмотке электромагнита необходимо выбирать в строгом соответствии с толщиной контролируемых изделий, а для трубчатых изделий также и в зависимости от их диаметра.

4. Неровности поверхности сварных швов, выполненных ручной электродуговой и газовой сваркой, сильно затрудняют проведение контроля.

5. При контроле зачищенных сварных швов чувствительность метода достаточна для контроля качества сварных соединений в соответствии с нормами Госгортехнадзора. Контроль сварных швов без зачистки является лишь ориентировочным, и требуется обязательная его проверка другими методами контроля.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фалькевич А. С., Лубов В. М., Хусанов М. Х. Новая аппаратура и методика контроля сварных соединений, «Сварочное производство», Машгиз, 1960, № 11.
  2. Фалькевич А. С., Лубов В. М. Магнитографический метод контроля сварных швов, «Заводская лаборатория», Metallurgizdat, 1959, № 7.
  3. Фалькевич А. С., Кислюк Ю. И., Магнитографический контроль сварных соединений, «Сварочное производство», Машгиз, 1955, № 7.
-